Die

Wirkung des musculus vocalis.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

medizinischen Fakultät der Universität Rostock

vorgelegt

von

Georg Wüstmann
aus **Hannover.**

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

Rostock.
Rats- und Universitäts-Buchdruckerei von Adlers Erben, G. m. b. H.
1909.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
zu Rostock.

Referent: Professor Dr. **Körner.**

Meinen Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551526_0169

Über die Wirkung des Musculus vocalis s. thyreo-arytaenoideus haben stets Kontroversen geherrscht. Die einen verfochten die Ansicht, er erschlaffe das Stimmband, die andern, er spanne es, dritte wiederum schrieben ihm eine doppelte Funktion zu.

Die Anatomen teilten ihn meistens in einen externus und internus und hielten beide für Erschlaffer des Stimmbandes. Hier wandte sich Henle als erster gegen die früher allgemein gültige Lehre, nach welcher sie als Antagonisten der crico-thyreoidei für Abspanner der Stimmbänder galten, indem er ihnen die Bewirkung der zur Erzielung verschiedener Tonhöhen notwendigen Bandspannung beilegte.

Brösicke[1]) nennt den m. thyreo-arytaenoideus externus schlechtweg einen Entspanner, über den internus sagt er: „Der m. thyreo-arytaenoideus internus s. vocalis ist ein dreikantig prismatischer Muskel, welcher das wahre Stimmband völlig ausfüllt und mit dem externus vielfach so verwachsen ist, daß sie nur künstlich getrennt werden können. Die Fasern dieses Muskels entspringen von der Innenseite des Schildknorpels (medial von dem externus) und inserieren sich am processus vocalis und in der fossa oblonga des Aryknorpels. Von denjenigen Fasern, welche in unmittelbarer Nähe des Stimmbandes verlaufen, soll sich außerdem

[1]) Brösicke, Lehrb. d. Anatomie. 1904. S. 568.

nach Ludwig ein Teil direkt an das letztere festsetzen — was allerdings von Luschka bestritten wird. Die Funktion dieses Muskels ist folgendermaßen zu definieren: Mittels des größten Teiles seiner Fasern müßte derselbe auf das ganze Stimmband einen erschlaffenden Einfluß ausüben. Diejenigen Fasern, welche sich am Stimmband selbst festsetzen, würden bei ihrer Kontraktion den einen Teil des letzteren spannen, den andern erschlaffen. Da nun von zwei gleich stark gespannten Saiten die kürzere immer den höheren Ton gibt, so scheint es (wenigstens nach der Ludwigschen Theorie), als ob diese Fasern von ganz besonderer Wichtigkeit für die Erzeugung der höchsten Töne sind."

Auch im Lager der Physiologen und Laryngologen hat noch keine Einigkeit über die Muskelwirkung geherrscht. Mayer in Bonn schrieb 1826 darüber in Meckels Archiv[1]): „Der Schildgießkannenknorpelmuskel (m. thyreo-arytaenoideus). Es gibt deren zwei. Beide erweitern die Stimmritze nach Haller und Sömmerring; nach Albin und Meckel aber verengern sie dieselbe, und diese Meinung ist die richtige. Beide Portionen dieses Muskels haben diese Wirkung. Sie erschlaffen allein wirkend zugleich die Stimmbänder (Constrictores et laxatores glottidis). Mit den m. tensores glottidis zugleich wirkend spannen sie die entsprechenden Stimmbänder an." Sodann heißt es weiter bei der Einteilung der Kehlkopfmuskeln .... „4. Muskeln, welche die Bänder der Stimmritze erschlaffen und dadurch die Stimmritze verkleinern (laxatores et constrictores glottidis). Zu dieser Klasse gehören der seitliche Ringgießkannenknorpelmuskel (m. crico-arytaenoideus lateralis) und der

---

[1]) Meckels Archiv für Anatomie und Physiol. I. Leipzig 1826. S. 192 ff.

Schildgießkannenknorpelmuskel (m. thyreo-aryt. major et minor). Beide Muskeln sind aber, wenn sie mit dem m. crico-arytaenoideus posticus gleichzeitig wirken, tensores glottidis."

Wagner[1]) ist sich selbst über die Spannungsverhältnisse nicht ganz einig. Er sagt in seiner Beschreibung der Stimme und Sprache zwar eingangs: „Die Spannung der Stimmbänder beruhen auf deren Elastizität und dem deshalb verschiedenen Grade ihrer Spannung mittels der Schildgießbeckenmuskeln", fährt aber einige Seiten später fort: „die Stimmbänder, die stets in ihrer ganzen Breite schwingen, sind bei großer Abspannung nicht bloß ganz ungespannt, sondern im Zustande der Ruhe auch runzlig und faltig, aber sie werden durch Blasen ausgedehnt und dies gibt ihnen die zum Schwingen nötige Tension." Wagner schreibt also dem Luftstrome die Spannung der Stimmbänder zu.

Eine sehr eingehende Studie über den Muskel hat Harless[2]) verfaßt in seinem Aufsatze über die Stimme. Er sagt nach genauer histologischer Betrachtung am getrockneten Muskel: „Hiernach möchte ich gewiß nicht mit Unrecht das eigentliche Stimmband als die mit sehr vielen elastischen Fasern gemengte Fascie des Stimmbandmuskels ansehen, niemals aber, wie es hier und da[3]) geschehen ist, als eine Sehne desselben betrachten." Und weiter nach ausführlicher Darstellung der Muskelzüge und ihrer Wirkungen: „Ohne gleichzeitige Kontraktion des m. thyreo-arytaenoideus kann somit höchstens der Stimmbandrand das Maximum der

---

[1]) Dr. Rud. Wagner: Lehrbuch der speciellen Physiologie. Leipzig 1845. S. 442 ff.

[2]) Harless, Die Stimme. In Wagners Handwörterbuch der Physiol. Bd. IV. Braunschweig 1853. S. 575 ff.

[3]) Ludwig; Despiney.

Spannung erfahren. Dieser kann deshalb möglichst verlängert sein bei relativ schwacher Spannung des Stimmbandkörpers."

Merkel[1]) äußert sich über die Tätigkeit des Muskels: „Die Wirkung dieses Muskels ist, das an sich hohle und und schlaffe Stimmband zu ebnen, zu verdichten und so zur Zunge zu erheben oder geschickt zu machen, das eigentliche Stimmorgan darstellen zu können. Durch seine Kontraktion verkürzt und erhärtet er zugleich das Stimmband und macht es zu vielen Tonabstufungen und selbst neuen Tonregistern geschickt. Während durch einen geringen bloß von außen kommenden (durch den m. crico-thyreoideus usw. bewirkten) Zug zunächst nur der Rand des Stimmbandes ausgespannt wird, da dieser der längste und solideste Teil des ganzen Bandes ist, so ändert sich bei gleichzeitiger oder stellvertretender Kontraktion des Stimmbandmuskels der Elastizitätsmodulus des ganzen Stimmbandes, weshalb auch bei gleicher Verkürzung das Stimmband verschiedene Töne erzeugen kann. Nach Despiney, welcher die elastische Natur des Stimmbandes gar nicht zu kennen scheint und dieselben als sehnige Appendices des gegenwärtigen Muskels ansieht, werden die Stimmbänder nur auf diese Weise gespannt, und die Stimmritze verkürzt und verengert und dadurch zur Bildung der Töne vorbereitet. Nach C. Mayer werden durch unsern Muskel die Stimmbänder nicht gespannt, sondern erschlafft." Später sagt er[2]) anläßlich seiner Versuche am toten Kehlkopfe über den m. thyreo-arytaenoideus: „Dieser Muskel muß nun nach Joh. Müllers

---

[1]) Merkel, Anatomie und Physiologie des Stimm- und Sprachorgans. Leipzig 1863. S. 142 ff.

[2]) Merkel, l. c. S. 549.

Ansicht gar verschiedene Funktionen behufs der Abstufung dieses Brustregisters übernehmen. Einmal soll er bloß das Stimmband verstärken helfen, heftig mitschwingen, Exkursionen machen, wobei er sich aktiv oder passiv verhalten kann .... Zweitens soll er den Brustton vertiefen dadurch, daß er durch seine Kontraktion den Schildknorpel gegen die (fixierten) Gießkannenknorpel zieht, wodurch die Stimmbänder verkürzt und noch mehr abgespannt werden .... Trotz alledem soll drittens der m. thyreo-arytaenoideus den Brustton auch erhöhen, nachdem durch sukzessive Entfernung des Schildknorpels nach vorn, ohne daß jedoch die Stimmbänder „einigermaßen stärker" gespannt werden, der Ton wenigstens im Umfange einer Oktave vom tiefsten möglichen Baßton an erhöht worden ist."

Wie schon kurz erwähnt, hat Ludwig[1]) die Behauptung aufgestellt, die Chorda vocalis, welche den Rand der elastischen Stimmfalte darstellt, müsse als Sehne eines Teiles des m. thyreo-arytaen. angesprochen werden, indem man Muskelfasern zu unterscheiden vermöge, welche schief gegen den freien Rand des Stimmbandes treten, um hier an der elastischen Substanz zu enden; ferner, daß ihre Bündel sukzessive am Stimmband und zwar die kürzesten unmittelbar vor dem vorderen Ende des processus vocalis, die längsten dagegen neben der cartilago thyreoidea endigen.

Eine ähnliche Vorstellung scheint auch Ch. Battaille[2]) erlangt zu haben, wenn er sagt: Chez la plupart des sujets on voit le bord (du muscle thyreo-arytaen.) envoyer sur le ligament vocal des fibres de plus en plus courtes à mesure,

---

[1]) Ludwig, Lehrb. d. Physiol. des Menschen. Leipzig 1858. Bd. I, S. 567, 570.

[2]) Battaille, Nouvelles recherches sur la phonation. Paris 1861. p. 9.

qu'elles sont plus supérieures et disposées à la manière des barbes d'une plume[1]).

Da es nun zur Beurteilung der Wirkungsart des m. thyreo-arytaen. internus von hoher Bedeutung sein muß, das Verhältnis seiner Muskelfasern zu dem elastischen Gewebe des Stimmbandes mit Sicherheit zu kennen, so hat Luschka[2]) über diesen Punkt die sorgfältigsten Untersuchungen angestellt. „Stets," sagt er als Ergebnis seiner Nachforschung, „konnte ich mich davon überzeugen, daß alle dem freien Rande des Stimmbandes angehörigen Fleischfasern des Muskels der ganzen Länge jenes Randes folgten und sich in ihrer muskulösen Eigenschaft vom Schildknorpel bis zur cartilago arytaenoidea erstreckten. Das gleiche Resultat gewährten an kindlichen Kehlköpfen in der Ebene der Stimmritze hergestellte dünne Durchschnitte, deren Muskelfasern sich mit bewaffnetem Auge in ihrer ganzen Länge verfolgen ließen." Mit diesem Ergebnis der Luschka'schen Untersuchungen stimmt auch die Angabe E. Versons[3]) überein, der sich ebenfalls nie von wirklicher Endigung der Fasern des m. thyreo-arytaen. im elastischen Gewebe des Stimmbandes überzeugen konnte, ebenso wenig wie Funke[4]), während Rühlmann[5]) an Schnitten, die „unzweifelhaft noch zum Stimmbande im weiteren Sinne des Wortes gehören", ganz bestimmt solche Insertionen gefunden zu haben glaubt.

---

[1]) Gleiche Ansicht vertreten: Ranke, Grundzüge der Physiol. 1872. S. 604. Herrmann, Grundriß der Physiol. 1867. S. 263. Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 1867. S. 467.

[2]) Luschka, Der Kehlkopf des Menschen. Tübingen 1871. S. 120 ff.

[3]) Verson, Beiträge zur Kenntnis des Kehlkopfes u. der Trachea. Wien 1868. S. 3.

[4]) Funke, Physiol. Bd. II, S. 852.

[5]) Sitzungsbericht der Wiener Akademie, 69. Bd., III. Abt., S. 271.

Die Wirkung der beiden m. thyreo-arytaenoid. interni — den externus spricht er lediglich als ein stratum externum des Muskels an — besteht nach Luschka darin, „daß durch sie nicht bloß die Stimmbänder in ihrer ganzen Länge, sondern auch die processus vocales einander bis zur gegenseitigen Berührung genähert werden können, wobei zugleich die Ligamenta vocalia gleichsam verdichtet und so ohne Zweifel je nach dem Grade der Kontraktion zu vielen Tonabstufungen befähigt werden. Dabei wird nach Henles gewiß richtiger Bemerkung die Zusammenziehung des m. thyreo-arytaenoid. int. wesentlich dazu dienen, seinen im erschlafften Zustande bogenförmigen Verlauf in einen geraden zu verwandeln, wodurch erst die zur Tonerzeugung notwendige fast völlige gegenseitige Berührung der Stimmbandränder erzielt wird."

In Übereinstimmung mit dem von ihm vorausgesetzten anatomischen Verhalten des m. thyreo-arytaenoid. intern. interpretiert Ludwig die Wirkungsart des Muskels auf andere Weise. Die nach seiner Ansicht sukzessive am Stimmbande endenden Fasern sollen nämlich insgesamt das lig. vocale nach unten und außen ziehen. Insofern sie sich gesondert sollen kontrahieren können, werden sie dem Stimmbande seiner Länge nach ungleiche Spannung zu erteilen vermögen, indem die zwischen dem Ursprunge der zusammengezogenen Faser am Aryknorpel und ihrem Ansatze am Stimmband gelegene Abteilung des letzteren abgespannt und der Rest desselben angespannt werden soll.

Gruenhagen gibt die Möglichkeit zu, daß der m. thyreo-arytaenoid. ein Stimmbandspanner sei, indem er sagt[1]): „Über den Mechanismus des thyreo-arytaenoid. sind viele

[1]) Gruenhagen, Lehrb. d. Physiol. 1884.

widersprechende Meinungen aufgestellt. Nach Harless bewirkt eine Drehung des Schildknorpels gegen den Ringknorpel nur eine Spannung des Stimmbandrandes, während der Stimmbandkörper dabei erschlafft bleiben soll, eine Spannung des letzteren soll nur durch gleichzeitige Spannung des thyreo-arytaenoideus zu Stande kommen. Es versteht sich von selbst, daß diese Kontraktion von der Energie seiner Antagonisten, der crico-thyreoidei überboten werden muß, da sie ja sonst eine Abspannung der Stimmbandränder durch Näherung ihrer Endpunkte herbeiführen würde."

Gottstein[1]) hingegen hält ihn ganz für einen Erschlaffer des Stimmbandes, der letzteres je nach dem Grade seiner Kontraktion bald mehr, bald minder entspannt, indem die von vorn nach hinten ziehenden Fasern die Befestigungspunkte des Stimmbandes einander nähern.

Herrmann[2]) äußert sich sehr vorsichtig, steht aber wohl auf dem Standpunkte der Entspannung: „Von den innern Kehlkopfmuskeln ist der m. thyreo-arytaenoideus s. vocalis der komplizierteste. Er füllt das prismatische Stimmband fast ganz mit Muskelfasern verschiedener Richtung aus, er hat außer der schon angeführten entspannenden und stimmritzenschließenden Wirkung auch noch eine abplattende Wirkung auf das Prisma, durch welche die innere scharfe Kante nach innen gedrängt wird, und ändert endlich durch seine Kontraktion die Konsistenz des Stimmbandes."

Auch Landois[3]) hält den m. thyreo-arytaenoid. nur in gewissem Sinne für einen Spanner des Stimmbandes. Zu-

[1]) Gottstein, Kehlkopfkrankheiten. Wien 1884. S. 5.

[2]) Herrmann, Lehrb. d. Physiol. Berlin 1886.

[3]) Landois, Lehrb. d. Physiol. 1891. S. 638 ff.

nächst nimmt auch er an, daß dieser Muskel die Ausgleichung des bogenförmigen Randes des Stimmbandes in einen geraden bewirkt und sagt dann weiter „dieser Muskel ist es übrigens, welcher die zarten Abstufungen der Spannung in dem Stimmbande selbst, welche bei dem Wechsel wenig differenter Töne notwendig sind, vollzieht . . . . . Es muß somit angenommen werden, daß durch das Auseinanderrücken des Schildknorpels und des Gießkannenknorpels die gröberen Spannungsgrade, hingegen durch den m. thyreo-arytaenoid. int. die feineren Abstufungen bewirkt werden.“ Schließlich soll der Muskel jedoch auch bei der Abspannung mitwirken.

„Bei der Wirkung der mm. thyreo-arytaenoid. und der crico-arytaenoid. laterales kann ebenfalls eine Abspannung der Stimmbänder erfolgen.“

Neumann[1]) geht in seinen vorläufigen Mitteilungen über den Mechanismus der Kehlkopfmuskulatur nicht besonders auf die Wirkung unseres Muskels ein. Er betrachtet scheinbar den m. crico-thyreoideus anterior als den Spanner κατ' ἐξοχήν und stellt nur, von der Harless'schen Beschreibung ausgehend, daß kein Muskel so geeignet sei wie der thyreo-arytaen., die Vokalfortsätze median und abwärts zu ziehen, auf Grund seiner Experimente und Beobachtungen fest, daß entgegen der früheren Anschauung das Stimmband sich bei der Stimmbildung senke, daß es bei der Anspannung und mehr noch beim physiologischen Stimmritzenschluß eine nicht zu verkennende Exkursion nach unten mache, eine Beobachtung, welche übrigens zum Teil auch H. von Meyer[2]) schon beschreibt: „Daß die beiden Muskeln

[1]) Neumann im Centralblatt für med. Wissenschaften 1893, Nr. 13, 16, 25, 26, 27, 32.

[2]) H. v. Meyer im Archiv für Anat. u. Physiol. 1889. S. 430 ff.

m. thyreo-arytaenoideus und m. crico-arytaenoid. ant. die Einstellung der Stimmritze für die Tonbildung hervorbringen, ist unbestritten .... Die durch den m. thyreo-arytaenoideus geschlossene Stimmritze muß also tiefer liegen als die Stimmbänder in ihrer Ruhelage, die durch den m. crico-arytaenoid. dagegen höher."

Edmund Meyer[1]) sieht in dem m. thyreo-arytaenoid. nur eine pars thyreo-arythaenoidea, einer von ihm als sphincter laryngeus s. internus bezeichneten Muskelgruppe, und findet, daß die horizontalen Fasern eine kompakte Muskelmasse darstellen, an der eine Trennung in eine innere und äußere Portion in keiner Weise angedeutet ist, so daß er die Einteilung in einen m. thyreo-arytaenoid. externus und internus als willkürlich verwirft[2]). Auch er findet, daß die in dem Prisma der Stimmlippe gelegenen Fasern im wesentlichen einen horizontalen Verlauf haben, sie entspringen vom Arytaenoidknorpel und seinem processus vocalis und verlaufen gerade nach vorne zum Schildknorpel, eine Norm, die allerdings durch verschiedene Umstände modifiziert wird. „Nach dem freien Rande der Stimmlippe zu ist der Muskel nicht so fest aus Muskelfibrillen zusammengefügt wie in dem mehr lateralwärts gelegenen Teile. Zunächst werden kleine Fascikel durch dazwischen liegende elastische Fasern von der Hauptmasse des Muskels abgetrennt, je mehr man sich dann dem freien Rande der Stimmlippe nähert, desto mehr löst sich der Muskel in einzelne Fibrillen, zwischen denen elastische Fasern liegen, auf." Meyer hat hierin jedoch eine Verästelung der Muskelfasern nicht feststellen können. Bei

[1]) E. Meyer: Innere Kehlkopfmuskeln. Archiv für Laryngologie Bd. VI, S. 435 ff.

[2]) Auch Rühlmann hat stets einen flüssigen Übergang gefunden.

foetalen und neugeborenen Kehlköpfen findet sich die dem freien Rande der Stimmlippe zunächst gelegene Zone noch fast vollständig muskellos, während die Muskelfibrillen erst später, wie der anatomische Befund erweist, in diesen Bezirk hineinwachsen. „Erst mit den höheren Anforderungen, die an die Stimme gestellt werden, nimmt die Entwicklung dieses Teiles des Muskels zu, der offenbar durch seine Funktion das Hervorbringen höherer und tieferer Töne ermöglicht. Hierdurch findet die Tatsache, daß Neugeborene und kleine Kinder laut und leise, aber nicht in verschiedenen Höhen schreien können, ihre Erklärung.“ Mit Verson, Luschka und anderen kommt übrigens auch Meyer auf Grund eines genauen Studiums seiner Serienschnitte zu dem Resultate, daß eine Insertion von Muskelfasern des thyreo-arythaenoid. an dem ligamentum vocale nicht stattfindet.

Möller und Fischer[1]) finden bei ihren Untersuchungen über die Wirkungen der mm. crico-thyreoid. und thyreo-arytaenoid., daß sie beide Strecker des Stimmbandes sind und daß der thyreo-arytaenoid. insbesondere die Funktion hat, den konkaven Stimmbandrand gerade zu strecken. Sie haben an einigen Experimenten dargetan, wie die Konkavität des freien Randes der Stimmbandlippe zustande kommt, und daß der thyreo-arytaenoideus als Gradstrecker dieser Konkavität wirken muß. Zu dem Zwecke spannten sie eine Kautschukmembran zwischen zwei dreieckigen Holzplatten aus; die Holzplatten waren mittels eines Querbalkens verbunden, auf welchem die eine von ihnen gleiten konnte. Die Membran war an zwei Ränder jedes Dreiecks geklebt, so daß sie eine dem freien Rande der Stimmlippe ent-

[1]) Möller und Fischer, Archiv f. Laryngologie Bd. XV, S. 75, 76.

sprechende Falte bildete. Außerdem war ihr unterer Rand an dem Querbalken befestigt, ebenso wie die membrana elastica an dem oberen Rande des Ringknorpels befestigt ist. Im Innern dieser Falte lag nun ein Faden, dessen eines Ende an der Ecke eines Dreiecks befestigt war, während das andere durch einen kleinen Ausschnitt an der Ecke des anderen Dreiecks passierte. Wenn man nun durch Entfernung der beiden Dreiecke die Membran spannte, so wurde ihr freier Rand immer mehr konkav, während, wenn man die Wirkung des thyreo-arytaenoideus durch Anspannen des Fadens nachahmte, die Konkavität der Membran sich verflachte. Je mehr sich also der crico-thyreoideus kontrahiert, desto konkaver wird der freie Rand der Stimmlippe, während dessen zur Intonation notwendige Gradstreckung erst durch Kontraktion des m. thyreo-arytaenoideus bewirkt wird.

Auch Großmann[1]) sieht sowohl im crico-thyreoideus wie im thyreo-arytaenoid. Spanner des Stimmbandes, indem er in derselben Zeit beide Muskeln in antagonistischem Sinne wirken läßt, „und weil beide den gleichen Effekt erzielen, muß auch hier das Stimmband aus der winkligen Ruhestellung in die gerade Linie übergehen".

Eine eindeutig klare Anschauung über die Wirkung des m. thyreo-arytaenoideus hat sich also bislang eigentlich nicht ergeben.

Um zu einem solchen Resultate zu gelangen, sind verschiedene Wege gangbar. Man könnte die Funktion des Muskels zu ermitteln versuchen aus der laryngoskopischen Beobachtung bei normalen und gelähmten Muskeln, jedoch

[1]) Großmann, Archiv für Laryngologie 1896, Bd. XVIII, S. 463 ff.

ist hierbei weder der Muskel noch seine isolierte Wirkung erkennbar; sodann aus der Beobachtung der Stimmritze beim Tier nach Durchschneidung des Muskels oder der ihn versorgenden Nerven mit und ohne elektrische Reizung, wobei allerdings externus und internus nicht gesondert untersucht werden können und auch die Wirkung der anderen Muskeln unkontrollierbar ist. Ferner können Beobachtungen am wärmestarren Muskel angestellt werden, wie es Neumayer[1]) am internus getan hat. Es ist allerdings hierbei höchstens ein Teil der Wirkung zu erkennen und zwar unter abnormen Verhältnissen, denn es fehlt die physiologische Fixation der Aryknorpel und die Stimmbandspannung durch den crico-thyreoideus. Als zuverlässigste Methode dürfte sich wohl die aus dem Studium der anatomischen Lage und der Beschaffenheit des Muskels bei Mensch und Tier ergeben.

Am besten arbeitete hier Grützner[2]). Die wesentlichsten Ergebnisse seiner Untersuchungen sind:

I. M. thyreo-arytaenoid, externus und internus erschlaffen einzeln wie zusammen „sensu strictiori“ die Stimmbänder, da sie deren Ansatzpunkte nähern. Da aber diese Ansatzpunkte auch durch die Stimmbandspanner, besonders den crico-thyreoideus (richtiger, wie ich hinzufügen muß: durch den crico-thyreoideus und durch alle Muskeln, welche die Aryknorpel fixieren, d. h. crico-arytaenoid. posticus und lateralis sowie interarytaen.) in ihrer Bewegung und Lage bestimmt werden, kann die erschlaffende Wirkung des gesamten thyreo-arytaenoid. nur soweit zur Geltung kommen, wie die Antagonisten es zulassen. Unter normalen

---

[1]) Neumayer, Archiv f. Laryngologie Bd. IV, S. 366.

[2]) Grützner in Keimanns Handbuch d. Physiol. Bd. I, T. II, S. 51—56.

Verhältnissen kann also von einer entspannenden oder erschlaffenden Wirkung des Muskels nicht die Rede sein, sondern nur von einer die Spanuung vermindernden.

II. Der externus dreht außerdem durch diejenigen seiner Fasern, welche sich am process. muscul. cartilag. arytaenoid. ansetzen, den processus vocalis nach innen und schließt, wenn beiderseits tätig, dadurch die Stimmritze (aber, wie ich hinzufügen muß, nur im Bereiche der processus vocales). Ferner hilft er durch seine schräg von dem untersten Teile des Stimmbandes nach außen und oben ziehenden Fasern die scharfe Kante des Stimmbandes bilden, indem er den untern Teil des Stimmbandes „vergleichbar dem Raffen eines Kleides“ hebt und dem obern nähert, wodurch die breite Stimmbandbasis und der freie Rand verschmälert wird.

III. Dem internus kommt nach Grützner neben der die Stimmbandspannung vermindernden Wirkung eine viel wichtigere Funktion zu: er verändert das Stimmband als Ganzes in physikalischer Beziehung durch Änderung seiner Konsistenz und Elastizität und beeinflußt dadurch dessen Schwingungsdauer. „Und das ist dann in der Tat das Wichtigste; der Muskel verleiht der ganzen Masse des Stimmbandes eine für die Ansprache günstige Stellung und Form, sowie die nötige innere Spannung und Festigkeit.“

Unabhängig von Grützners Ansicht und ohne dieselbe zu kennen, kam Körner[1]) 1883 bei Gelegenheit vergleichend

[1]) Körner, Beiträge zur vergleichenden Anatomie u. Physiol. des Kehlkopfes der Säugetiere u. d. Menschen. Straßburg 1883, u. Abhandlung der Senkenberg. naturforschend. Gesellschaft. 1883. — Derselbe, Weitere Beiträge zur vergleichenden Anatomie u. Physiol. Abhandlung der Senkenberg. naturforsch. Gesellschaft. 1883.

anatomischer Studien über den Kehlkopf zu fast derselben Ansicht über die Wirkung des thyreo-arytaenoideus internus beim Menschen. Körner schrieb damals: „Das im menschlichen Stimmbande liegende stratum des m. thyreo-arytaenoideus, welches einen besonderen m. thyreo-arytaen. int. bildet, zeigt als Grenze seiner oberen und unteren Fläche, welche beide parallel mit und in gleicher Entfernung von der oberen resp. untereren Fläche des Stimmbandes verlaufen, eine ziemlich scharfe in dem Winkel der das Stimmband bildenden Falte der elastischen Kehlkopfhaut verlaufende Kante. Auf dem Frontalschnitte durch das Stimmband repräsentiert sich der m. thyreo-arytaen. internus als ein vollständig in das Stimmband eingelagerter und dessen Gestalt nachahmender Keil. („Dreiseitig prismatischer Muskel" — Harless.) Dieses Verhältnis ändert sich physiologischer Weise beim Intonieren. Wie die Beobachtung am Lebenden zeigt, springen die Stimmbänder im Momente des Anlautens als dünne scharfkantige Membranen vor. Wie verhält sich aber dabei der Muskel? Wäre er in diesem Momente vollständig erschlafft, so müßte er mehr oder weniger die Bewegungen des Stimmbandes mitmachen und die Verdünnung des Stimmbandrandes und dessen scharfe Kantenbildung erheblich beeinträchtigen. Nun aber unterliegt es gar keinem Zweifel, daß der m. thyreo-arytaenoid. internus nicht vollständig erschlafft zu sein braucht, um die Spannung des Stimmbandes zu ermöglichen.[1]) Es handelt sich ja nur darum, daß der Antagonist das Übergewicht behält! Eine Kontraktion des m. thyreo-arytaenoid. internus bewirkt nun zunächst, daß er der Bewegung

[1]) cfr. Rühlmann, Untersuchungen über das Zusammenwirken der Muskeln bei einigen häufiger vorkommenden Kehlkopfstellungen. Sitzungsbericht der Wiener Akad. d. W. LXIX, p. 289.

des Stimmbandes nach der sagittalen Medianebene des Kehlkopfes hin nur bis zur geraden Ausspannung zwischen seinem Ursprung und seiner Insertion folgen kann[1]). Bei gegenseitiger Berührung der processus vocales ist aber durch die Drehung der Gießbeckenknorpel die Insertion des Muskels von der des Stimmbandrandes am weitesten entfernt. Ferner wird bei der mit der Kontraktion Hand in Hand gehenden Gestaltsveränderung des Muskels seine scharfe gegen den Rand des Stimmbandes gerichtete Kante abgestumpft, also gewissermaßen aus dem Stimmbandrande herausgezogen werden. Durch das alles ist der Muskel im Stande, die Breite, Dicke, Konsistenz und Elastizität des Stimmbandes, also auch die Art und Dauer seiner Schwingungen in erheblicher Weise zu beeinflussen."

Man erkennt leicht, daß die Körnersche Ansicht über den Einfluß des thyreo-arytaenoideus internus auf die physikalische Beschaffenheit des Stimmbandes im Prinzipe vollkommen mit der von Grützner übereinstimmt. Grützner analysiert dann im einzelnen die komplizierte Wirkung des thyreo-arytaenoid. internus in folgender Weise:

1. Auf die Stellung der Stimmbänder wirken wesentlich die äußeren langen Fasern, welche die processus vocales einander zukehren und die Stimmritze bei beiderseitiger ungestörter Aktion schließen. Diese Muskelwirkung ist also dieselbe, die auch von dem thyreo-arytaenoid. externus und von dem crico-arytaenoideus lateralis geleistet wird.

2. Auf die Form des Stimmbandes wirkt der internus in folgender Weise: „Da seine horizontalen, dicht neben der

[1]) Vergl. auch die Anmerkung bei Elsberg, Paralys. of musculus of the larynx. Archives of Laryngology. July 1. 1882.

chorda vocalis gelegenen Fasern nicht gradlinig, sondern gekrümmt (mit innerer Konkavität) zum Gießbeckenknorpel sich begeben, so werden sie bei ihrer Geradestreckung zugleich die elastische Schleimhaut von außen nach der Mitte zu hindrängen und gewissermaßen eine dünne leicht bewegliche Membran auf die Kante des dreieckigen Stimmbandes seiner Länge nach aufsetzen."

Zu diesem 2. Teile der Grützner'schen Analyse möchte ich folgendes beifügen: Dieses Hindrängen des Stimmbandrandes nach der Mitte ist eine wichtige Funktion des Muskels. Fixiert man am Leichenkehlkopfe die Aryknorpel durch Nadeln in Phonationsstellung und ersetzt die Wirkung des crico-thyreoideus durch Annähern des Ring- und Schildknorpels an einander, so werden die Stimmbänder nicht völlig gespannt, es bleibt vielmehr zwischen ihren Rändern eine elliptische Spalte, weil der aktive Einfluß des thyreo-arytaenoideus fehlt (vergl. hierzu auch das oben beschriebene Experiment von Möller und Fischer).

Wir kommen nun zum dritten Punkte der Grützner'schen Analyse:

3. Auf Form und Konsistenz der Stimmbänder wirken wesentlich ein die schräg aufsteigenden kurzen und langen Muskelbündel, die .... vorzugsweise an den vorderen und hinteren Partieen steil in die Höhe ziehen. Bei ihrer Kontraktion heben sie offenbar die unteren, mehr nach der Luftröhre zu gelegenen Partieen der Schleimhaut in die Höhe und der Mitte zu, vorausgesetzt, daß ihre oberen Enden puncta fixa seien. Das ist aber nicht zweifelhaft, wenn man sich daran erinnert, wie innig sie sich mit den (jetzt stark gespannten) sagittalen Fasern verweben. Sie verkleinern somit auch den Höhendurchmesser des Stimmbandes, wie

wir dies in ähnlicher Weise von dem thyreo-arytaenoid. externus gesehen haben, und verschärfen seinen medialen Rand.

Hier scheint mir die Grützner'sche Ansicht durch die oben angeführten Körner'schen Erörterungen nicht unwesentlich ergänzt zu werden. Untersuchen wir auf Frontalschnitten die Lage des m. thyreo-arytaenoid. internus zum Stimmbande, so finden wir ihn so vollkommen in die das Stimmband bildende Falte der elastischen Kehlkopfhaut eingelagert, daß seine obere und seine untere Fläche überall der elastischen Haut nahezu gleich nahe anliegt; jede der beiden Flächen des Muskelkeiles verläuft parallel der entsprechenden Fläche des Stimmbandkeiles. Nun sind die Bilder, die uns das zeigen, nicht gespannten Stimmbändern entnommen, denn solche finden wir in der Leiche nicht. Sehen wir aber am Lebenden beim Intonieren die Stimmbänder sich als dünne, scharfrandige Membranen in die Mittellinie einstellen, so müssen wir doch annehmen, daß sich dabei der dicke Muskelkeil gewissermaßen aus dem Stimmbandrande herausgezogen hat. Dies muß in der Tat eine Folge der Kontraktion des Muskels sein, wie uns die Beobachtung der anatomischen Verhältnisse (siehe oben) lehrt. Nagel[1]), der ebenfalls Versuche über den m. vocalis angestellt hat, hält ihn auch für einen Spanner der Stimmlippe. Er sieht seine Haupttätigkeit in der feineren Abstimmung der Spannung bezw. des Widerstandes gegen Durchbiegung der Stimmlippe. „Während Zusammenziehung des m. vocalis die freien elastischen Stimmbandränder eher entspannen als spannen wird, muß sie die seitliche Durchbiegung des gesamten der Stimmlippe eingelagerten Muskels

[1]) Nagel, Handbuch der Physiologie Bd. IV, S. 701 ff.

erschweren, weil das Ganze fester, starrer wird. Man kann annehmen, daß bei starker Kontraktion des m. vocalis und verhältnismäßig schwächerer der „Antagonisten“ (crico-thyreoid. und crico-arytaenoidei) die muskulöse Stimmlippenmasse wenig schwingungsfähig sein wird, während das schmale freie elastische Band leicht membranartig schwingt, daß dagegen bei mäßiger aktiver Kontraktion des vocalis und mehr passiver Dehnung die Gesamtstimmlippe leichter in Schwingung gerät.“ Aber selbst bei Überwiegen der Antagonisten des vocalis, welche eine Kontraktion nicht zulassen, genügt zweifellos der bloße Reiz auf den Muskel, um eine Änderung der Tonhöhe herbeizuführen. „Die Tätigkeit des Muskels“, sagt Nagel, „ist hierbei anders als bei den meisten Skelettmuskeln. Wenn auch bei diesen sich oft das Kontraktionsbestreben geltend macht, während Antagonisten oder äußere Kräfte die Verkürzung hindern, ist eine solche Aktion doch meist eine unnütze Kraftvergeudung“. Versuche, die am künstlichen Kehlkopfe mit lebenden Muskeln angestellt sind, erläutern dies aufs beste. Ewald stellte einen solchen Kehlkopf her, indem er eine vierseitige Röhre (5×10 mm Querschnitt) dachgiebelförmig abschnitt und auf jede der Hälften einen Froschsartorius mittels eines Holzrahmens aufpreßte; kleine Pinsel leiteten den zur Erregung nötigen Induktionsstrom zu. Der Muskel kann sich bei der Reizung natürlich nicht verkürzen, gleichwohl geht der Ton dieses künstlichen Kehlkopfes nach Anblasen sofort in die Höhe, sobald der Muskel gereizt wird. Ewald bekam Tonerhöhungen bis zu einer Quart. Die Tonerhöhung wurde stärker, wenn der freie Muskelrand gereizt wurde, als wenn die mehr nach dem aufliegenden Rande zu liegenden Teile gereizt wurden. In dem letztgenannten Versuche kann man nach Nagel schon

einen Hinweis auf die Tatsache sehen, „daß auch beim Stimmmuskel durch ungleiche Kontraktion einzelner Teile erstens die Spannung in den einzelnen Querportionen des Stimmbandes verschieden ausfallen muß, daß aber zweitens auch die Gestalt des ganzen Stimmbandes, im Querschnitt gesehen, sich ändert."

Ewald wendet sich gegen die Entspannungstheorie. Die Wirkung des m. thyreo-arytaenoideus, — den er nicht in einen externus und internus getrennt wissen will — ist nach Ewald: „er spannt die Stimmbänder, er macht sie dünn." „Dies ist der wahre Singmuskel, d. h. der Muskel, der den Kehlkopf zu einem musikalischen Instrumente macht, indem er den Ton entstehen läßt und ihm seine richtige Höhe gibt." „Er spannt das betreffende Stimmband, indem er sich selbst spannt." Als „Widerlager" dienen ihm der crico-thyreoideus und die crico-arytaenoidei postici (richtiger: crico-thyreoideus und alle Fixatoren der Gießbeckenknorpel.) „Von größter Bedeutung für die Stimmbildung ist die Fähigkeit des m. vocalis, seine verschiedenen Teile in verschiedenem Maße zur Kontraktion bringen zu können. Dabei kann dann der Gesamtzug, den er auf seine Widerlager ausübt und der sich natürlich aus der Summe der einzelnen Zugwirkungen der Fasern zusammensetzt, größer oder kleiner werden. Er kann aber auch, und das ist höchst bemerkenswert, konstant bleiben, während sich der Kontraktionszustand in sehr verschiedener Weise über die Fasern verteilt. Dieser Umstand gestattet es, die Tonhöhe wechseln zu lassen, ohne daß sich in der Stellung derjenigen Teile des Kehlkopfes, zwischen denen die Stimmbänder ausgespannt sind, eine Änderung vollzieht. Es kann also nicht nur die gegenseitige Lage von Schild- und Ringknorpel die gleiche bleiben, sondern auch der Kontraktions-

zustand der als Widerlager bezeichneten Muskeln braucht sich nicht zu verändern.“ Diese Verhältnisse erläutert Ewald an seinem schon erwähnten außerordentlich instruktiven künstlichen Kehlkopfe mit aktiv kontraktilen Stimmbändern.

„Je näher die sich kontrahierenden Fasern des m. vocalis dem freien Rande des Stimmbandes gelegen sind, desto höher wird der Ton werden.“ Tiefer wird der Ton beim Überwiegen der Kontraktion in dem lateralen Teile des Muskels. Die hier gelegenen in der Ruhe auf dem Horizontalschnitte halbmondförmig hinziehenden Fasern werden bei dem Bestreben sich gradlinig zu spannen den Muskel medianwärts, also zum Rande des Stimmbandes hin, verschieben, das Stimmband wird also dicker und „belastet“, der Ton tiefer, wie wenn man statt einer dünnen eine dicke Saite nimmt.

Hierzu möchte ich bemerken, daß sich die Kante des Muskelkeils dabei immer noch, falls sie sich kontrahiert, aus der Stimmbandfalte zurückziehen kann.

Die Verdünnung des Stimmbandes geschieht schon von selbst beim Nachlassen der Spannung des lateralen Muskelteiles, ferner in der Art, wie es Grützner auseinander gesetzt hat.

„Von besonderer oben nicht erwähnten Wirkungsweise ist wahrscheinlich die als Taschenbandmuskel beschriebene Partie. Es sind dies Fasern, welche in das falsche Stimmband übergehen. Sie müssen dieses herabziehen und zugleich die falsche Stimmritze erweitern.“

Wir kommen nun zu den Ansichten, welche die Laryngologen über die Tätigkeit des m. thyreo-arytaenoideus gewonnen haben. Außer den rein anatomischen und physiologischen Forschungen stehen ihnen noch die klinischen Ergebnisse und das laryngoskopische Spiegelbild zum Zwecke der

Deutung zur Verfügung. Bei Lähmung oder Parese beider m. thyreo-arytaenoidei erscheint die glottis bei der Phonation als ovale Öffnung in ihrem vorderen und mittleren Teile, während sie durch die Kontraktion des m. crico-arytaenoid. lat. sowie des Interarytaenoideus hinten, das heißt im Bereiche der processus vocales, geschlossen ist.

Mit dieser Auffassung stimmt die von M. Schmidt überein.

Schmidt[1]) verweist auf die Lähmungsbilder seiner Tafel IV. Dort ist ein Spiegelbild der beiderseitigen Vocalislähmung, der zwischen den processus vocales gelegene Teil der Stimmritze geschlossen und die Spalte liegt nur vorn. Bei dem Bilde der beiderseitigen Vocalis- und Lateralislähmung geht die etwas weitere Spalte von vorn bis hinten.

Aus allen gemachten Erwägungen geht wohl hervor, daß sich eine einigermaßen sichere Entscheidung über die Tätigkeit des m. thyreo-arytaenoideus doch nur auf Grund der anatomischen Betrachtung desselben treffen läßt.

Hierbei scheint es uns wichtig, nach einer Methode zu suchen, die uns die Lage des m. vocalis im ungespannten und im gespannten Stimmbande zu vergleichen gestattet. Dabei können wir eine Spannung des musculus vocalis selbst mit Neumayers Wärmestarre nicht genügend erreichen. Wenn wir aber die Funktion des musculus crico-thyreoideus durch eine künstliche Annäherung von Ring- und Schildknorpel nachahmen und dadurch denjenigen Grad der Stimmbandspannung herbeiführen, der überhaupt von diesem Muskel geleistet werden kann, so bringen wir die Stimm-

[1]) M. Schmidt, III. Aufl.

bänder in denjenigen Zustand, in dem sie sich befinden müssen, wenn der musculus vocalis in Aktion tritt. So können wir auch die Art seiner Wirkung zwar nicht sehen, aber doch besser verstehen. Zu diesem Zwecke wurde an herausgenommenen Leichenkehlköpfen nach Ablauf der Totenstarre zunächst die Wirkung der sämtlichen Fixatoren der Gießbeckenknorpel nachgeahmt: die Aryknorpel wurden in Phonationsstellung gebracht und in dieser fixiert, indem durch die Aryknorpel in den Ringknorpel und quer durch beide Aryknorpel Nadeln gesteckt wurden. Hierauf wurde die Wirkung des musculus crico-thyreoideus nachgeahmt, indem Schild- und Ringknorpel vorn einander genähert und mit Nadeln und Fäden in dieser Stellung festgehalten wurden. Die darauf so in Alkohol gehärteten und dann nach Entfernung der Nadeln in Celloidin eingebetteten Kehlköpfe wurden geschnitten und die Schnitte mit Haematoxilin-Eosin gefärbt. Andere nicht gespannte Kehlköpfe wurden in derselben Weise behandelt.

Bei einer Serie von Frontalschnitten läßt sich nun zeigen, daß der m. thyreo-arytaenoideus in seinem ganzen Verlaufe vom Aryknorpel bis zum Schildknorpel überall einen freien Stimmbandrand läßt, auch bei seinem Ursprung am Aryknorpel und bei seiner Insertion an der c. thyreoidea, wenn anders man überhaupt beim Fehlen eines punctum fixum von Ursprung und Ansatz reden kann. Eine Insertion von Muskelfasern im Stimmbande selbst hat sich dabei in seinem ganzen Verlaufe nicht beobachten lassen.

Was die Konfiguration des Stimmbandmuskels überhaupt anbelangt, so ist sie beim gespannten wie beim ungespannten Kehlkopfe die eines Keiles. Es zeigt sich jedoch, daß auf den Schnitten durch den ungespannten Kehlkopf der m. thyreo-arytaenoideus schlanker und dünner sich

präsentiert, und daß die einzelnen Muskelbündel weiter auseinandergezogen und mehr verstreut in das Stimmband eingelagert erscheinen, während sich der Muskel beim gespannten Kehlkopfe kompakter und solider darstellt und die einzelnen Muskelbündel zu einer Masse eng zusammengerückt sind. Der Muskel hat sich als dicker Wulst aus dem Stimmbandrande zurückgezogen und grenzt gegen diesen hin eine ganz scharfe, muskelfreie Zone ab. Dabei ist die elastische Membran beim gespannten Kehlkopfe bei weitem dünner als beim ungespannten, eine Beobachtung, welche zwar im ganzen Verlaufe, besonders anschaulich aber bei den Schnitten, die etwa in der Mitte des Stimmbandes geführt sind, gemacht werden kann.

Wenn auch die aktive Kontraktion des m. thyreoarytaenoideus sich nicht nachmachen läßt, in welchem Falle die Verhältnisse durch Bildung des Muskelbauches noch mehr hervortreten würden, so läßt sich doch aus der vergleichsweisen Betrachtung seiner Konfiguration beim gespannten und beim ungespannten Kehlkopfe schließen, wie er zwischen seinen Antagonisten als „Widerlagern“ wirkend das Stimmband anspannend beeinflussen muß.

Von nicht unerheblichem Interesse ist es noch, zu erfahren, wie sich der ventriculus laryngis s. Morgagni bei der Anspannung der Stimmbänder verhält. Die Morgagnische Tasche ist eine an der Innenseite des Kehlkopfes jederseits zwischen dem wahren und dem falschen Stimmbande gelegene tiefe Schleimhautbucht, welche sich übrigens in Form eines Blindsackes lateral von dem falschen Stimmbande zwischen diesem einerseits und dem stratum externum m. thyreoarytaenoid und lamina cart. thyreoid. andrerseits noch ein beträchtliches Stück nach oben erstreckt. Der oblonge Raum zwischen Taschenband und Stimmband ist etwa ebenso

lang wie das Stimmband und wird seitlich von den langen Fasern des stratum ext. m. thyreo-arytaen. umzogen, welche somit eine dem Boden der Morgagnischen Tasche bildende Fläche darstellt. Nach seiner Anordnung vermag der Muskel ohne Zweifel außer seiner Hauptwirkung auch die Nebenwirkung zu entfalten, das Taschenband der Mittellinie zu nähern, sowie einen Druck gegen die laterale Wand des ventriculus Morgagni auszuüben[1]), wodurch er die Kehlkopftasche verengern und die etwa darin befindliche Luft austreiben kann. Die Funktion dieser Taschen ist nun, abgesehen von der Schleimproduktion, nach Luschkas Meinung offenbar die, daß sie einen gewissen mechanischen Einfluß auf die Stimmbänder ausüben, „insofern die während der Phonation fortwährend aus der Öffnung des Blindsackes nach der Reflexion in demselben ausströmende Luft eine zu hoch gehende Ausdehnung der Exkursionen des Stimmbandes und somit das Aufschlagen an das Taschenband verhütet, sodann dehnt die in den Blindsack eingedrungene Luft die seitliche Glottiswand aus, macht sie hohl und erhöht ihre Elastizität und ihr Mitschwingungsvermögen, sowie auch der ganze Ventrikel den ersten Raum darstellt, in welchem die soeben zum Tönen gebrachte, noch sehr eingeengte Luftsäule sich einigermaßen seitlich ausbreiten und resonieren kann.“[2])

Merkel vergleicht die Tätigkeit des stratum externum mit dem Gasaustreibungsmechanismus des sphincter ani. Durch die entströmende Luft wird der Ventrikel erweitert und dadurch sukzessive vom Glottisrande aus nach auswärts und abwärts eine Faser des stratum externum nach

---

[1]) cf. Luschka, l. c. S. 123; Meckel, l. c. S. 192.

[2]) Merkel, l. c. S. 648.

der andern in Spannung versetzt, je mehr der Luftstrom an Spannung und Masse wächst und je gleichmäßiger dies geschieht, desto schöner und gleichmäßiger wächst der Ton an. „Gedenken wir hier der den Ventrikel umziehenden Fasern. Bei jedem Phonationsphänomen werden die tönenden Luftwellenzüge in die Ventrikel umgebeugt, also bei starken Tönen eine größere Anzahl derselben als bei schwachen, es werden die Ventrikel bei starken Tönen stärker von Luft ausgedehnt als bei schwachen. Durch diese Ausdehnung werden aber die Fasern des stratum externum des Stimmuskelapparates auf einem gewissen Grade ihrer Kurvatur erhalten, indem der auf die Wände der Ventrikel ausgeübte Luftdruck jene Muskelfasern seitlich und abwärts drängt. Dadurch wird bewirkt, daß die Kontraktion dieser Fasern und ihr Streben, dabei gerade zu werden und so die geraden Fasern des stratum internum einwärts zu drücken mit einem gewissen Nachdruck vor sich geht, der natürlich zur Stärke des Tones proportional ausfallen muß. Außerdem wirkt jenes Abwärtsdrängen, insofern es die Aufblähung des Stimmbandes beschränkt und zu dessen Tension beiträgt, tonerhöhend. In ähnlicher Weise verhalten sich die höher liegenden Nebenbündel desselben Muskelapparates [1]).“

In der Tat läßt nun die Betrachtung unserer Schnitte ein Verhalten ersehen, welches die beschriebene Tätigkeit der Fasern des stratum externum m. thyreo-arytaen. als wahrscheinlich erkennen läßt, wenn sich auch der Vorgang der Aufblasung des Ventrikels natürlich nicht hat nachahmen lassen. Wir sehen nämlich beim ungespannten Kehlkopfe, daß die den lateralen Teil der Tasche umziehenden Fasern besonders in den tieferen, dem Stimmbande zu gelegenen

[1]) Merkel, l. c. S. 728.

Partieen des Ventrikels nicht bis hart an die innere Auskleidung des Ventrikels herantreten, sondern eine mehr oder weniger breite mit zahlreich eingelagerten Drüsen versehene Schicht zwischen sich und dem cavum ventriculi lassen, während die einzelnen Muskelbündel selbst nur einen lockeren Zusammenhang zeigen und auch ihrerseits zwischen sich Drüsen umfassen.

Beim gespannten Kehlkopfe dagegen erscheint das ganze cavum ventriculi gegenüber dem ungespannten abgeflacht, die Muskelbündel des stratum externum sind eng zusammengerückt, ohne Zwischenräume zwischen sich zu lassen, und sind außerdem dicht an die Schleimhautauskleidung des Ventrikels herausgetreten, wobei die Zone zwischen cavum ventriculi und Muskulatur schmäler, die eingelagerten Drüsen aber plattgedrückt erscheinen.

Bei der großen Bedeutung nun, welche die Funktion des m. thyreo-arytaen. besitzt, ist es gewiß von Interesse, auch einmal sein Verhalten bei einzelnen Tierklassen kennen zu lernen.

Wenn wir uns hier den dem Menschen am nächsten verwandten Tierklassen zuwenden, so stoßen wir auf die Untersuchungen von Körner[1]) und seinem Schüler Nishiyama[2]), welche diese an einer Reihe von Affen-

---

[1]) Körner, Beitrag zur vergleich. Anat. u. Physiol. des Kehlkopfes der Säugetiere u. Menschen. Arbeit aus der Senkenbergschen Anatomie. Frkf. 1883. — Derselbe, Weitere Beiträge, ebenda.

[2]) Nobumitsu Nishiyama, Die Kehlkopfmuskeln des Hylobates lar, verglichen mit denen anderer Affen und der Menschen. Dissertation Rostock 1904.

kehlköpfen angestellt haben. Insbesondere hat Körner auch die Frage, ob die anthropoiden Affen dem Menschen näher ständen als ihren niederen Stammesverwandten in Bezug auf die Kehlkopfmuskulatur kritisch beleuchtet, weil ja eben gerade bei einer den Unterschied zwischen Mensch und Tier betreffenden Frage nächst dem zentralen Nervensystem kein Organ beachtenswerter ist als der Grundmechanismus für Stimme und Sprache.

Körner fand, daß bei den niederen Affen im Allgemeinen wenig Unterschied zwischen den einzelnen Spezies, ja sogar zwischen den einzelnen Familien bestand. Er konnte die Kehlkopfmuskulatur von Cynocephalus hamadryas und Inuus sinicus zusammen beschreiben, weil sie fast übereinstimmten und bei Ateles marginatus war er imstande, die Beschreibung durch vielfache Hinweise auf die erstenerwähnten Affen bedeutend abzukürzen. Ferner fand er, daß die Konstanz der Kehlkopfmuskulatur beim Menschen und den niederen Affen auffallend größer war als beim Orang und Chimpanse. Körner hat diese Beziehungen insbesondere mit Rücksicht auf das Verhältnis des m. thyreoarytaen. zum Stimmbande untersucht und dabei Verhältnisse gefunden, die ihn zu dem Schlusse berechtigten, „daß der m. thyreo-arytaenoideus bei den niederen Affen einen den menschlichen Verhältnissen näher kommenden Einfluß auf die physikalischen Eigenschaften des Stimmbandes ausüben kann, während ein solcher bei Satyrus und Troglodytes (Orang und Chimpanse) sicher überhaupt nicht vorhanden ist". Bei dem von Nishiyama später beschriebenen anthropoiden Hylobates lar nähert sich die Lagerung des Muskels zum Stimmbande etwas mehr den bei den niederen Affen und dem Menschen konstanten Verhältnissen.

Im Einzelnen ergaben die Untersuchungen folgendes:

I. Bei Simia Satyrus.

Erstes Exemplar (Körner, l. c.): Der m. thyreo-arytaen. entspringt an der vorderen Innenfläche des Schildknorpels in einer Bogenlinie, die am Stimmbandansatz beginnt, neben und parallel der sagittalen Medianlinie nach aufwärts steigt und ungefähr in der Mitte zwischen incisura thyr. sup. und inf. die Medianlinie verläßt, um parallel dem Knorpelrande an der oberen Incisur noch eine kleine Strecke nach oben und auswärts zu ziehen. Er bildet ein homogenes breites Band, das an der vorderen Fläche und dem Seitenrande des Gießbeckenknorpels inseriert. Auf dem Querschnitte in der Mitte des Stimmbandes ist der Muskel unten breit und verjüngt sich nach oben und außen allmählich. Er liegt reichlich der unteren Hälfte der Außenwand des ventriculis Morgagni dicht an. Mit seinen untersten und am meisten median gelegenen Fasern zieht er neben der Basis der sehr breiten Stimmbänder hin, und keine seiner Fasern liegen in den die letzteren hauptsächlich bildenden Falten der elastischen Kehlkopfhaut. Dieses Verhalten des Muskels bildet den auffälligsten Unterschied zwischen der Kehlkopfmuskulatur des Orang und des Menschen, die sicherlich auch von physiologischer Bedeutung ist, da die im Stimmband verlaufenden Fasern des m. thyreo-arytaen. die physikalischen Eigenschaften des Stimmbandes (Konsistenz, Elastizität)[1]) je nach ihrem Kontraktionszustande beeinflussen müssen und somit bei komplizierten Schwingungsverhältnissen des Stimmbandes in Betracht kommen. . . . . Die von Fürbringer beschriebene und als Differenzierung im Sinne

[1]) cf. Rühlmann, l. c. S. 293.

des menschlichen m. thyreo-arytaen. sup. und inf. angesprochene Trennung in einen größeren von den unteren vier Siebentel der cart. thyr. entspringenden und einen kleineren von dem oberen Drittel derselben kommenden Abschnitt, von denen der obere den unteren querfaserigen mit schrägen Zügen deckt, ist bei dem von mir untersuchten Orang nicht vorhanden."

Zweites Exemplar: (Körner, l. c.): „Die Ursprungsstelle des Muskels hat bei dem Männchen eine größere Ausdehnung und verläuft in geraderer Linie als beim Weibchen. Sie erstreckt sich fast auf die ganze Höhe des Schildknorpels und nur ihr oberes, etwas verbreitertes Ende weicht ein wenig von der sagittalen Medianebene nach außen ab.

Der Muskel inseriert an der ganzen Vorderfläche und dem processus muscul. des Gießbeckenknorpels und zwar die obersten Fasern am proc. musc. und dem äußeren Teile der Vorderfläche, die übrigen am innern Teile derselben. Die obersten Faserzüge liegen also in ihrem ganzem Verlaufe etwas weiter nach außen als die übrigen. Ihre Bündel verlaufen untereinander parallel, sodaß sie von außen das Ansehen eines besonderen Muskels haben. Sie werden von der Mitte ihres Verlaufes an bis zur Insertion gekreuzt von den übrigen, fächerförmig konvergierend von unten aufsteigenden Fasern und decken dieselben nahe der Insertion von außen.

Während der Muskel bei dem Weibchen ein durchaus homogenes Band darstellte, finden wir bei dem Männchen den Beginn einer Differenzierung im Sinne des menschlichen m. thyreo-arytaen. sup. und inf., die wohl mit der von Fürbringer beschriebenen übereinstimmt . . . . . Daß diese Differenzierung jedoch nicht vollständig ist, zeigt sich auf dem Frontalschnitte in der Mitte des Stimmbandes, wo der

Muskel ungeteilt erscheint. Er verhält sich zum Stimmbande hier, abgesehen von seiner größeren Ausdehnung nach oben, etwas anders als beim Weibchen, indem der unterste Teil des Muskels mehr an der Basis des Stimmbandes liegt. Daran ist freilich weniger eine veränderte Lage des Muskels Schuld, als vielmehr eine andere Beschaffenheit des Stimmbands."

II. Troglodytes niger (Körner, l. c.):

„Der m. thyreo-aryt. entspringt als schmales Band unmittelbar neben und parallel der sagittalen Medianlinie des Schildknorpels in dessen unteren zwei Dritteln. Das untere Ende der Ursprungslinie liegt von der sagittalen Medianebene des Schildknorpels seitlich aus, indem die untersten Fasern alle in gleicher Entfernung von dem Rande der ganzen incisura thyreoid. inf. entspringen. Nach der Insertion hin nähern sich alle oberen und die äußeren unteren Fasern des Muskels etwas fächerförmig und inserieren an der ganzen vorderen Fläche des Gießbeckenknorpels mit Ausnahme des oberen Drittels, sowie an dessen Stimmband- und Muskelfortsatz, während die unteren inneren Fasern sich in der Mitte ihres Verlaufs von den übrigen abtrennen, um sich an dem inneren oberen Rande des Ringknorpels in gleicher Breite mit dem Ursprung des m. crico-arytaen. lateral. anzusetzen.

Diese merkwürdige teilweise Aberration der Insertion des m. thyreo-aryt. auf die cart. cricoid. findet sich beiderseitig. Bei Tieren ist sie noch nicht beobachtet worden. Beim Menschen kommt in einzelnen Fällen eine solche Aberration vor, jedoch in geringerer Ausdehnung. Sollte sich dieses Verhältnis als die Regel beim Chimpanse erweisen, so wäre hier der Muskel thyreo-crico-aryt. zu benennen.

Auf dem Querschnitt in der Mitte des Stimmbands liegt der Muskel als breites ziemlich dünnes Band dem unteren Teile des ventriculus Morgagni und der breiten Basis des Stimmbands an, ohne sich irgend wie in die das Stimmband bildende Duplikatur der elastischen Kehlkopfhaut einzuschieben.

Eine Verwachsung mit dem m. crico-arytaen. lateralis, die beim Menschen zur Regel geworden, fehlt beim Chimpanse wie beim Orang vollständig."

Troglodytes niger ist auch noch von Jörgen Möller[1]) untersucht worden. Er sagt darüber, den m. thyreo-arytaen. betreffend:

„M. thyreo-arytaen. entspringt vom unteren Drittel des angulus thyreoideus und geht mit konvergierenden Fasern nach hinten; er haftet an dem unteren Teil der crista arytaenoidea und der vorderen äußeren Fläche der cartilago arytaenoidea, nicht aber an dem processus vocalis. Getrennt vom übrigen Teile des Muskels findet man eine obere Portion, die mit einigen Fasern vom oberen Teil des Schildknorpels, übrigens aber von der Lateralwand des ventriculus laryngis entspringt, nach hinten unten geht und sich bei der Insertion mit dem übrigen Teile des Muskels vereint. Die Hauptmasse des m. thyreo-arytaen. bildet eine Muskelplatte, die den ventriculus laryngis nach außen begrenzt und nach unten in einen kräftigen prismatischen Teil übergeht, welcher sich in die Stimmlippe etwas hineinschiebt."

III. Die Ergebnisse der Untersuchungen Nishiyamas über Hylobates lar sind folgende:

„Der m. thyreo-arytaen. entspringt von der vorderen Innenfläche des Schildknorpels dicht neben der Medianlinie

[1]) Jörgen Möller, Undersogelser over den komparative Anatomi af Larynxmuskulaturen. Kobenhavn 1901.

und parallel derselben fast in dessen ganzer Höhe und verläuft als dünnes breites Band zum Gießbeckenknorpel, um sich an der ganzen Vorderfläche und dem process. muscularis, und zwar die obersten Fasern am process. muscul. und dem äußeren Teile der Vorderfläche, die übrigen am inneren Teile derselben anzusetzen. Auf dem Frontalschnitte in der Mitte des Stimmbandes ist der Muskel homogen und sieht ähnlich aus, wie es Körner beim Chimpanse beschrieben und abgebildet hat. Nur im unteren Drittel verdickt er sich, abweichend von dem überall fast gleichmäßig dicken des Chimpanse, auf dem Frontalschnitt medianwärts. Diese Verdickung schiebt sich zwischen die die wahren Stimmbänder bildenden Falten der elastischen Kehlkopfhaut vollkommen ein. Weder das Stimmband noch der in ihm liegende Muskel zeigt auf dem Frontalschnitte eine scharfe Kante wie beim Menschen, sondern beide sind hier gleichmäßig abgerundet."

IV. und V. Cynocephalus hamadryas und Inuus sinicus (Körner, l. c.):

„Der m. thyreo-arytaen. entspringt an der Innenfläche des Schildknorpels dicht neben der Medianlinie und parallel derselben mit länglich ovalem Ursprung, der bei Hamadryas das untere Drittel, bei Inuus sinicus die untere Hälfte der Höhe des Schildknorpels einnimmt, und zieht in etwas zunehmender Breite durchaus homogen an die vordere Fläche und den Seitenrand des Gießbeckenknorpels. Auch auf dem Querschnitt repräsentiert er sich überall oval und zwar in besonders regelmäßiger Form bei Inuus sinicus. Bei beiden Affen liegt er in den die wahren Stimmbänder bildenden Falten der elastischen Kehlkopfhaut und stößt nur mit seinem oberen Rande an den Boden des ventriculus

Morgagni. Die untersuchten niederen Affen stehen also in Bezug auf das Verhalten dieses Muskels zum Stimmbande dem Menschen näher als der Orang (s. o.). Als anscheinend geringer, aber vielleicht physiologisch wichtiger Unterschied des Menschen von den niederen Affen ist jedoch anzuführen, daß bei ihm der Querschnitt des Muskels, soweit er im Stimmband verläuft, nicht oval, sondern dreieckig ist, der Muskel also mit einer ziemlich scharfen Kante in der das Stimmband bildenden Falte liegt."

VI. Ateles marginatus (Körner, l. c.):

„In Bezug auf Ursprung und Insertion verhält sich der m. thyreo-aryt. wie bei Inuus und Cynocephalus, jedoch mit dem Unterschiede, daß er nur vom unteren Viertel der Schildknorpelhöhe kommt. Auf dem Querschnitt repräsentiert er sich mit schmälerem, weniger regelmässigem Oval als bei den erwähnten Affen. Sein oberer Rand berührt den Boden des ventriculus Morgagni und mit der Hauptmasse liegt er der breiten Basis des Stimmbands an, ohne sich ganz oder teilweise in die dasselbe bildende Duplicatur der elastischen Kehlkopfhaut einzuschieben. Er hält also hier die Mitte zwischen Inuus und Cynocephalus einerseits und Satyrus andrerseits. Die oberflächlichsten Fasern des m. transversus gehen in den m. thyreo-arytaen. über."

Eine besondere Bedeutung fällt dem m. thyreo-arytaen. bei den Marsupialiern zu, weil bei ihnen jeder andere Stimmbandspanner fehlt.

Was zunächst das Knorpelgerüst des Kehlkopfes bei diesen Tieren anlangt, so ist dasselbe von den meisten Autoren nur sehr kurz beschrieben und nur bei Körner

genauer abgebildet. Alle Autoren konstatieren die feste Verwachsung des Schildknorpels mit dem Ringknorpel.

Was die Muskeln des Kehlkopfes betrifft, so haben sich dieselben mehr oder weniger dem Kehlkopfskelett angepaßt. Vor allem fehlt fast immer, da eine Annährung zwischen Schild- und Ringknorpel wegen der Verwachsung mit einander unmöglich ist, ein m. crico-thyreoid. als zwecklos vollständig. Überhaupt meint Körners Schüler Suckstorff[1]) — könnten die Marsupialier das mehr oder weniger ausgebildete Stimmband nicht spannen, da sich nicht wie beim Menschen ein Muskel in dem Stimmbande eingebettet findet, der m. thyreo-arytaen. vielmehr weiter lateralwärts zieht. Körner selbst hat ausführlich auseinandergesetzt, daß bei diesen Tieren das rudimentäre Stimmband überhaupt funktionsunfähig ist und das an seiner Stelle die langen, freien Ränder der Gießbeckenknorpel bei kräftiger Exspiration in eine tonerzeugende Vibration versetzt werden.

Suckstorff faßt die Körnerschen und seine eignen Befunde folgendermaßen zusammen: „Der m. crico-arytaen. later. und der m. thyreo-arytaen. sind beim Marsupialier zu einem einzigen Muskel untrennbar verbunden. Derselbe entspringt von der an der Innenseite des Schildknorpels gelegenen kleinen Crista, der Verwachsungsstelle des Schild- und Ringknorpels und dem Teile des oberen Ringknorpelrandes, der zwischen der für den Aryknorpel bestimmten Gelenkfläche und dem Beginn der Verwachsung des Schild- und Ringknorpels liegt. Sein Ansatz ist die crista arcuata oder lateralis des Aryknorpels und teilweise die Außenfläche der cart. arytaen. und des processus muscularis. Symington

[1]) Suckstorff, Beitrag zur Kenntnis der Kehlköpfe der Marsupialier. (Aus der Körnerschen Klinik.) Archiv für Laryngologie Bd. 13, III. Heft.

sowie auch Albrecht und andere betrachten denjenigen Teil des Muskels, der vom freien oberen Rande des Cricoid entspringt, als dem m. crico-arytaenoid. lateralis entsprechend, so daß dieser letztere Teil ungefähr $^1/_3$ des ganzen Muskels einnehmen würde. Nun aber sind m. crico-arytaenoideus lateralis und der m. thyreo-arytaenoid. bei den plazentalen Säugetieren ursprünglich von einander geschieden und treten erst beim Menschen in nähere konstante Beziehungen zu einander (Fürbringer). Es hat somit bei aplazentalen Säugetieren, den Beuteltieren, schon einmal eine innige Verbindung zwischen den beiden Muskeln stattgefunden."

Zum Schlusse möchte ich noch einmal darauf hinweisen, daß der m. thyreo-arytaenoideus, wenn die Widerlager gebildet sind, garnicht mehr als Entspanner wirken kann, sondern daß seine Tätigkeit darin bestehen muß, die Spannung zu beeinflussen, zu modulieren (cf. den Apparat Möllers). Seine Wirkung wird stets eine Spannung des Stimmbandes bewirken, und durch seine Verdickung entstehen die verschiedenen Spannungsgrade. Er ist somit der eigentliche Singmuskel, wie Ewald sagt.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Otto Körner auch an dieser Stelle höflichen Dank sagen zu können für die wertvollen Anregungen bei dieser Arbeit.

Lebenslauf.

Ich, **Georg** Heinrich Ernst August **Wüstmann,** wurde am 22. Dez. 1878 in Hannover geboren. Ich besuchte das Gymnasium zu Celle und studierte nach bestandener Reifeprüfung auf den Universitäten Marburg, München, Kiel und Rostock. In Rostock legte ich sowohl die ärztliche Vorprüfung wie auch die ärztliche Prüfung ab.